



***Selectiestrategie  
voor de ontwikkeling  
van stikstofefficiënte  
biologische aardappelrassen***  
*Handleiding voor (hobby)kwekers*  
*Marjolein Tiemens-Hulscher*  
*Edith Lammerts van Bueren*  
*Paul Struik*

## Verantwoording

De inhoud van deze brochure is gebaseerd op onderzoek dat het Louis Bolk Instituut heeft uitgevoerd in de jaren 2008 t/m 2011 in het kader van het onderzoeksprogramma *Biologisch Uitgangsmateriaal en Veredeling*. De aansturing gebeurde door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland ([www.bioconnect.nl](http://www.bioconnect.nl)) en werd hoofdzakelijk gefinancierd door het Ministerie van EL&I. De volledige onderzoeksresultaten zijn gepubliceerd in 'Selectiestrategie voor de ontwikkeling van stikstofefficiënte biologische aardappelrassen'. Dit rapport is te downloaden vanaf [www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl) of [www.biokennis.nl](http://www.biokennis.nl). Of te bestellen bij het Louis Bolk Instituut onder rapportnr. 2012-025 LbP. De Bascode voor dit project is BO-04-009-006. Het project is mede gefinancierd door De Bouwkamp-Stichting.

Het doel was tweeledig. Ten eerste wilden we meer inzicht krijgen in de onderliggende processen van stikstofefficiëntie bij een laag stikstofniveau. Ten tweede wilden we deze verkregen kennis gebruiken om te komen tot een selectiestrategie die kwekers kunnen gebruiken om stikstofefficiënte aardappelrassen te ontwikkelen.

Vragen, ervaringen of opmerkingen? Neem dan contact op met Edith Lammerts van Bueren, T 0343 532 860 of [e.lammerts@louisbolk.nl](mailto:e.lammerts@louisbolk.nl)



*Marjolein Tiemens-Hulscher, Edith Lammerts van Bueren, Paul Struik* **Selectiestrategie**

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)  
[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)  
T 0343 523 860  
F 0343 515 611  
Hoofdstraat 24  
3972 LA Driebergen

© Louis Bolk Instituut 2012  
Foto's: Louis Bolk Instituut  
Ontwerp: Fingerprint  
Druk: Drukkerij Kerckebosch

Deze uitgave is per mail of website te bestellen  
onder nummer 2012-043 LbP

# *strategie stikstofefficiënte biologische aardappelrassen*

de natuurlijke kennisbron

1.	<i>Leeswijzer</i>	5
2.	<i>Waarom stikstofefficiënte aardappelrassen?</i>	6
3.	<i>Effect van stikstof op het gewas</i>	8
4.	<i>Stikstofefficiëntie</i>	12
5.	<i>Bodembedekking</i>	17
6.	<i>Toepassing bodem bedekkingparameters</i>	20
7.	<i>Selectiestrategie</i>	26
8.	<i>De praktijk is weerbarstig</i>	28
	<i>Literatuur</i>	31

**LOUIS BOLK**  
I N S T I T U U T







# 1. Leeswijzer

Zowel de biologische als de gangbare landbouw zijn gebaat bij stikstofefficiënte aardappelrassen (Hoofdstuk 2). Het ontbreekt de veredelingssector nog aan een selectiestrategie om dit soort rassen te ontwikkelen. Deze brochure biedt oplossingen hiervoor.

De brochure gaat eerst in op de effecten van stikstof en het genotype op het gewas en de opbrengst (Hoofdstuk 3).

In Hoofdstuk 4 wordt het proces van stikstofopname tot droge-productie in de knol nader bekeken. Welke deelprocessen spelen hier een rol en hoe worden deze beïnvloed door de stikstofgift en het genotype?

De dynamiek van de bodembedekking speelt een belangrijke rol in de lichtonderschepping van het gewas gedurende het groeiseizoen en vormt daarmee een cruciale factor voor de gewasfotosynthese. Er bestaat een lineaire relatie tussen de hoeveelheid onderschept licht en de droge-stofopbrengst van de knollen. In deze brochure wordt daarom de dynamiek van de bodembedekking verder uitgediept aan de hand van de bodembedekkingcurve (de verandering van bodembedekking in de tijd), een aantal sleutelmomenten daarin en afgeleide parameters (Hoofdstuk 5).

Hoe deze parameters gebruikt kunnen worden in de praktijk van de veredeling voor stikstofefficiënte aardappelrassen wordt beschreven in Hoofdstuk 6.

In Hoofdstuk 7 worden aanbevelingen gedaan voor een selectiestrategie om stikstof-efficiënte biologische aardappelrassen te ontwikkelen.

De brochure sluit af met een hoofdstuk dat de weerbarstigheden van de praktijk weergeeft.

## 2. **Waarom stikstofefficiënte aardappelrassen?**

### 2.1 Stikstof is of wordt een schaars goed

De hele landbouwsector streeft naar meer duurzaamheid in zijn management, al of niet gestimuleerd door het beleid. Zo gebruikt de gangbare sector steeds minder bestrijdingsmiddelen door het telen van resistente rassen of het slimmer toepassen van middelen waardoor er minder actieve stof in het milieu terecht komt. Aangescherpte bemestingsnormen zorgen voor een lager (kunst)mest gebruik, waardoor verspilling en uitspoeling zoveel mogelijk worden voorkomen. Gezien de slinkende olievoorraden zal de kunstmest in de toekomst schaarser en duurder worden.

In de biologische landbouw is dikwijls de totale hoeveelheid beschikbare stikstof voor het hele bedrijf al een beperkende factor. Op het biologische bedrijf vormen dierlijke mest, compost en groenbemesters de stikstofbronnen (Finckh et al., 2006). De aardappel staat bekend als een gewas dat relatief veel stikstof nodig heeft en vraagt daarmee een aanzienlijk deel van de hoeveelheid stikstof die de teler beschikbaar heeft voor het hele teeltplan. Daarom zijn zowel de gangbare als de biologische landbouw gebaat bij stikstofefficiënte aardappelrassen.



### 2.2 Wat verstaan we onder een stikstof efficiënt biologisch aardappelras

In deze brochure verstaan we onder stikstofefficiëntie het vermogen van een ras om bij een lage stikstofbeschikbaarheid, 100-150 kg/ha, in een periode van half april tot ongeveer de derde week van juli (90-95 dagen) een rendabele opbrengst te geven. Hiermee wordt recht gedaan aan het biologisch kader.

### 2.3 Biologisch kader

Het vrijkomen van stikstof en andere voedingsstoffen uit de organische mest in een opneembare vorm voor het gewas, is onder andere afhankelijk van de bodemtemperatuur, de hoeveelheid bodemvocht en het bodemleven. In de proeven die aan deze brochure ten grondslag liggen, werd rond 20 april gepoot met voorgekiemd pootgoed. Het gebruik van voorgekiemd pootgoed kan een late start deels goedmaken, door een snellere beginontwikkeling van het gewas. Ten opzichte van de gangbare teelt wordt het biologisch groeiseizoen aan het eind vaak bekort door infectie met *Phytophthora infestans* (M. Tiemens-Hulscher et al., 2012a). Bij infectie moet het loof meestal gebrand worden voordat het is afgerijpt. De teelt van resistente rassen kan het groeiseizoen, vanuit biologisch oogpunt, verlengen. Toch is hier enige voorzichtigheid geboden. Vanuit het perspectief van resistentiemanagement is het niet wenselijk om resistente rassen lang zonder bescherming bloot te stellen aan een hoge *Phytophthora*-druk. De kans dat de resistentie doorbroken wordt neemt daarmee aanzienlijk toe. Ook om die reden is het wenselijk dat een ras binnen 90-95 dagen afrijpt met een goede opbrengst.

< Voorgekiemd pootgoed versnelt de opkomst.





# Globale opzet proeven

De proeven werden uitgevoerd in de jaren 2008 t/m 2011. Elk jaar werden er op twee proeflocaties rassenproeven uitgevoerd bij verschillende stikstofniveaus. De locaties waren Droevendaal (biologisch, zand, 2008 t/m 2011), Grebbedijk (klei, gangbaar, 2008 en 2009) en Kraggenburg (biologisch, klei, 2010 en 2011). De stikstofgiften die werden gegeven waren 0, 60 en 210 kg/ha. De beschikbaar komende stikstof voor het gewas tijdens het seizoen uit de bodem was berekend op ongeveer 90 kg/ha, zodat de totaal beschikbare stikstof voor het gewas gedurende het teeltseizoen 90, 150 en 300 kg/ha was. Er werd gepoot rond 20 april met voorgekiemd pootgoed. De eindogst vond plaats 90-95 dagen na poten. Op de Grebbedijk vond de eindogst echter 140-150 dagen na poten plaats. In de jaren 2008 en 2009 werden ook tussenogsten uitgevoerd. De laatste twee jaar werd gewerkt met een rassenset van 18 rassen die gelijkelijk verdeeld waren over drie vroegheidklassen. De rassen met een \* waren alle jaren in de proeven opgenomen.

Vroege rassen	Middenvroege rassen	Late rassen
Agata*	Connect	Agria*
Biogold*	Fontane*	Mozart
Bionica*	Musica	Spirit**
Campina	Santé**	Terragold*
Marabel	Toluca	Valor
Vitabella	YP03-3	Voyager
Leoni***		

\* In alle jaren in de proef opgenomen, \*\* niet in 2009, \*\*\*alleen in 2008

### 3. Effect van stikstof op het gewas

#### 3.1 Loofontwikkeling

Stikstof heeft een grote invloed op de groei en ontwikkeling van het aardappelgewas. Een hogere stikstofgift leidt tot een snellere en betere loofontwikkeling, hetgeen bijdraagt aan een betere lichtonderschepping. In onze proeven werd de uitbundige loofontwikkeling vooral veroorzaakt door de vorming van grotere bladeren en meer vertakkingen. Het aantal stengels per plant werd niet beïnvloed door het stikstofniveau, maar voornamelijk bepaald door het ras en de fysiologische leeftijd van het pootgoed.



0 kg N ha



60 kg N ha



210 kg N ha

#### 3.2 Opbrengst

Over het algemeen wordt met een hogere stikstofgift een hogere opbrengst verkregen, zoals Figuur 3.1 laat zien. Uit de figuur is ook op te maken dat de verschillen in opbrengst tussen de stikstofniveaus toenemen in de loop van de tijd. Bij een oogst 150 dagen na planten is de opbrengst van het hoogste stikstofniveau significant hoger dan die van de lagere niveaus. Bij een oogst rond de 90 dagen na planten is het verschil in opbrengst tussen een N-gift van 60 en 210 kg/ha echter minimaal. Een stikstofgift van 60 kg/ha bleek voor deze groeiperiode voldoende. Een hoger stikstofniveau kan snel tot uitspoeling leiden.





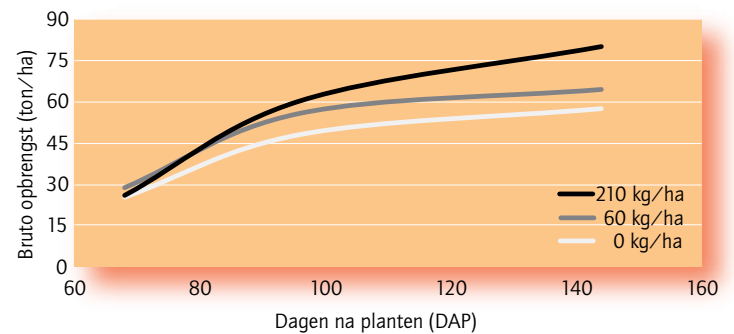
### 3.3 Interactie stikstof en vroegheid

Het is een bekend verschijnsel dat de knolzetting bij een hogere stikstofgift wordt uitgesteld. Dit effect kan echter niet los gezien worden van de vroegheid van een ras. Vroege rassen hebben juist wat meer stikstof nodig om snel op gang te komen. Late rassen stellen bij een hogere stikstofgift de knolzetting uit en kunnen de extra stikstof pas later in het seizoen benutten voor de knolvulling. Dit is te zien in Figuur 3.2.

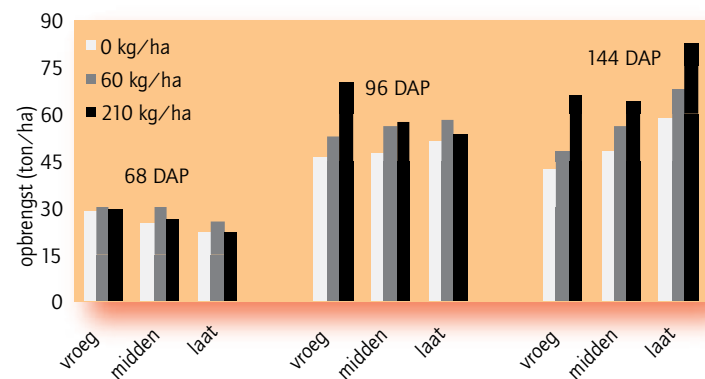
Bij een heel vroege oogst (68 DAP) blijft bij de middenvroege en late rassen de opbrengst van de hoogste stikstofgift achter bij een gematigde gift, wat bij de vroege rassen niet het geval is. Bij een oogst rond de 95 dagen na planten hebben de vroege rassen een extra stikstofgift al benut voor extra productie. De middenvroege en late rassen doen dit pas bij een oogst later in het seizoen.



Tussenoogst 70 dagen na planten (Droevendaal 2009). De rassen zijn van links naar rechts gerangschikt van vroeg naar laat. Voorste rij is 0 kg N/ha, middelste rij is 60 kg N/ha en de laatste rij is 210 kg N/ha.



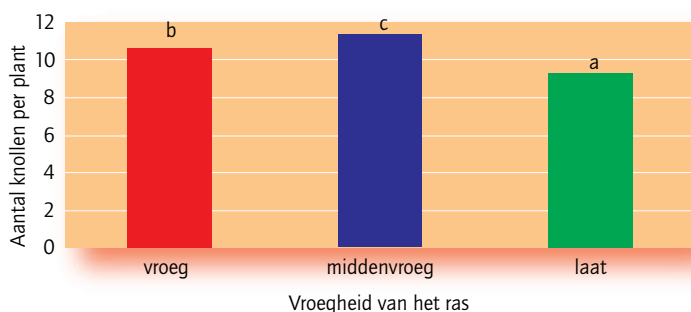
Figuur 3.1: Opbrengstvorming in de tijd bij een stikstofgift van 0, 60 en 210 kg/ha (beschikbare stikstof 90, 150 en 300 kg/ha), (Grebbedijk 2008).



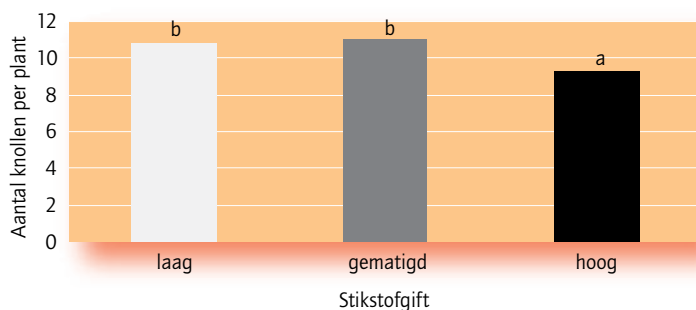
Figuur 3.2: De opbrengst na 68, 96 en 144 dagen na planten (DAP) voor vroege, middenvroege en late rassen bij een stikstofgift van 0, 60 en 210 kg/ha (beschikbare stikstof 90, 150 en 300 kg/ha), (Grebbedijk 2008).

### 3.4 Aantal knollen per plant

Het aantal knollen per plant is afhankelijk van veel factoren zoals het weer (neerslag, temperatuur en straling), teeltmaatregelen (pootdiepte en -afstand, bemesting), en het aantal stengels per plant (Struik en Wiersema, 1999). Ook het genotype van het ras heeft invloed op het aantal knollen per plant, met name de vroegheid van een ras. Zoals in Figuur 3.3 is te zien, vormen late rassen minder knollen dan middenvroeg en vroege rassen. In dit voorbeeld is het knoltal van de middenvroeg rassen ook hoger dan van de vroege rassen, maar dat is niet altijd het geval. Dit kan ook andersom zijn (Tiemens-Hulscher et al., 2012b). Door het complex van factoren kan het aantal knollen per plant tussen de jaren, locaties en zelfs tussen planten op een veld



Figuur 3.3: Late rassen vormen minder knollen dan vroege en middenvroeg rassen (Droevendaal, 2008)



Figuur 3.4: Een extra hoge stikstofgift leidt tot minder knollen per plant (Droevendaal, 2008).

sterk variëren. Dit maakt het lastig om het effect van stikstof op het knoltal te doorgronden. Over het algemeen vormt de aardappel bij een hogere stikstofgift wel meer knollen, maar als de extra gift te hoog ( $> \pm 200 \text{ kg/ha}$ ) is, neemt het aantal knollen per plant weer af (Bélanger et al., 2002, Zabihi-e-Mahmoodabad et al., 2010), zoals geïllustreerd in Figuur 3.4. De stolonvorming en knolaanleg vindt in een relatieve korte tijd van 21 dagen na opkomst plaats (Struik en Wiersema, 1999, Thorton et al., 2007). De stikstofbeschikbaarheid, de bodemvochtigheid en bodemtemperatuur in die periode zijn waarschijnlijk cruciaal voor het uiteindelijk aantal knollen per plant. Een lage stikstofbeschikbaarheid in de periode van stolonvorming bevordert snelle knolaanleg. Of dit ook leidt tot meer knollen per plant hangt weer sterk af van de milieucondities tijdens de knolzetting (Struik en Wiersema, 1999).

### 3.5 Sortering

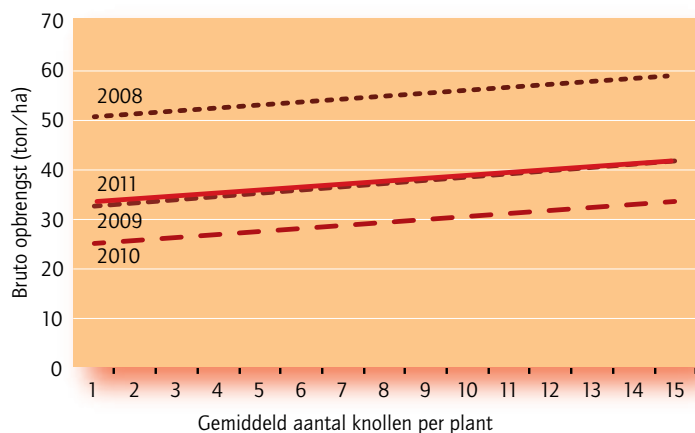
De opbrengst wordt niet alleen bepaald door het aantal knollen per plant maar ook door de grootte van de knollen. In Figuur 3.5 is te zien dat er een consistent verband bestaat tussen het aantal knollen en de opbrengst (de lijnen hebben elk jaar dezelfde hellingshoek), maar het niveau van de lijnen verschilt van jaar tot jaar. Dit heeft te maken met de variabele knolgrootte. In 2008 waren de knollen grover dan in de andere onderzoekjaren.

De groeisnelheid van de knollen wordt niet beïnvloed door de hoeveelheid beschikbare stikstof (Kleinkopf et al., 2003), maar bij late rassen wordt de knolaanleg bij een hoog stikstofniveau in de periode direct na poten, uitgesteld. Het gewas investeert langer in de ontwikkeling en de groei van het loof. De opbrengst hangt dan af van onder meer de lengte van het groeiseizoen en de weersomstandigheden in de laatste periode van het groeiseizoen. De toename van de knolgrootte duurt voort zolang translocatie van materiaal van stengel naar knol plaatsvindt. Zo kan in de laatste groeifase nog 10 tot 15% van de productie gerealiseerd

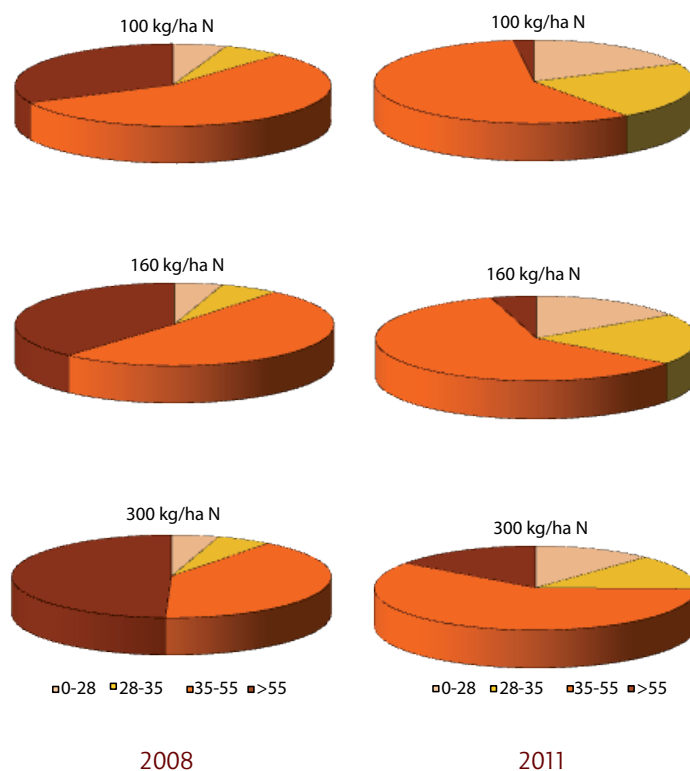


worden (Kleinkopf et al., 2003).

In de Figuur 3.6 is te zien dat het percentage grote knollen toeneemt bij een hogere stikstofgift. Het jaar 2008 was groeizaam, met niet te hoge temperaturen en steeds voldoende vocht, waardoor relatief veel knollen de maat >55 bereikten. In 2011 waren het voorjaar en het begin van de zomer een stuk droger dan in 2008. Dit zette het gewas op een groeiachterstand, want ondanks hetzelfde aantal groeidagen (100 dagen van poten tot branden van het loof) bleven de knollen in 2011 kleiner



Figuur 3.5 Relatie tussen knoltal en opbrengst in 2008 t/m 2011.



Figuur 3.6 Invloed van stikstofbeschikbaarheid op de sortering van de knollen over de maatklassen 0-28, 28-35, 35-55, en > 55 (percentage van het gemiddeld aantal knollen per plant), Droevendaal 2008 en 2011.



## 4. Stikstofefficiëntie

In deze brochure wordt stikstofefficiëntie gedefinieerd als het vermogen van een ras om bij een lage stikstofbeschikbaarheid, 100 –150 kg N/ha, in een periode van half april tot ongeveer de derde week van juli, 90–95 dagen, een rendabele opbrengst te geven. In de gewasfysiologie wordt meestal de droge-stofopbrengst als maat voor productie gebruikt. De droge-stofopbrengst in de knol kan worden gekwantificeerd door de hoeveelheid stikstof die wordt opgenomen maal de fractie die daarvan in de knol terecht komt maal de hoeveelheid droge stof die per eenheid stikstof wordt gevormd. In het kader is dit in een formule weergegeven.

Het blijkt dat rassen verschillen in hun strategie met betrekking tot stikstofefficiëntie. Er zijn rassen die bij een lage stikstofgift relatief veel stikstof opnemen. Andere rassen laten juist een gunstiger verdeling van de stikstof over de plant zien. Zij hebben een hogere harvest index (HI (N)). De rassen verschillen ook in de efficiëntie waarmee ze opgenomen stikstof omzetten in droge stof. In de volgende paragrafen wordt hier nader op ingegaan.

$$\text{Droge-stofopbrengst} = N_{\text{opname}} \times HI(N) \times NUE_{\text{knol}}$$

*Droge-stofopbrengst in kg/ha,*

*$N_{\text{opname}}$  is de totaal hoeveelheid opgenomen stikstof in kg/ha,  $HI(N)$  is de Harvest Index (oogst index) op basis van stikstof en wordt gedefinieerd als de hoeveelheid stikstof in de knol gedeeld door de hoeveelheid stikstof in de gehele plant (loof en knol samen).*

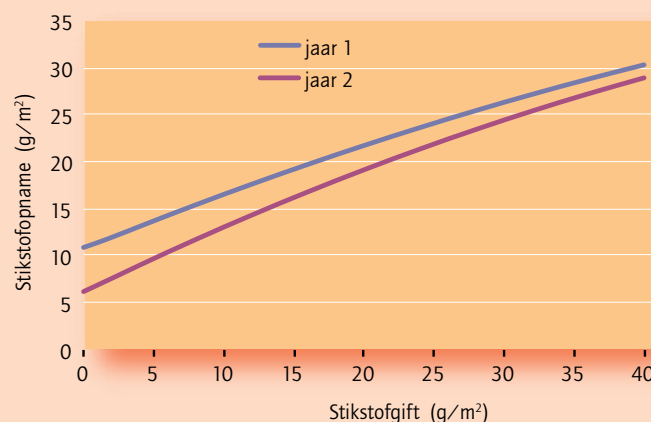
*$NUE_{\text{knol}}$  is de Nitrogen Use Efficiency van de knol (stikstof benuttings efficiëntie van de knol) en wordt gedefinieerd als de hoeveelheid droge stof (kg/ha) die gevormd wordt per eenheid stikstof in de knol (kg/ha).*

### 4.1 Stikstofopname

Hoeveel stikstof een aardappelgewas opneemt hangt van veel factoren af, zoals de hoogte van de stikstofgift, de groei, ontwikkeling, architectuur en het functioneren van het wortelstelsel, de lengte van het groeiseizoen en de processen in de bodem (Vos, 2009). De processen in de bodem zijn op hun beurt ook weer afhankelijk van onder andere grondsoort, bodemtemperatuur en bodemvochtigheid.

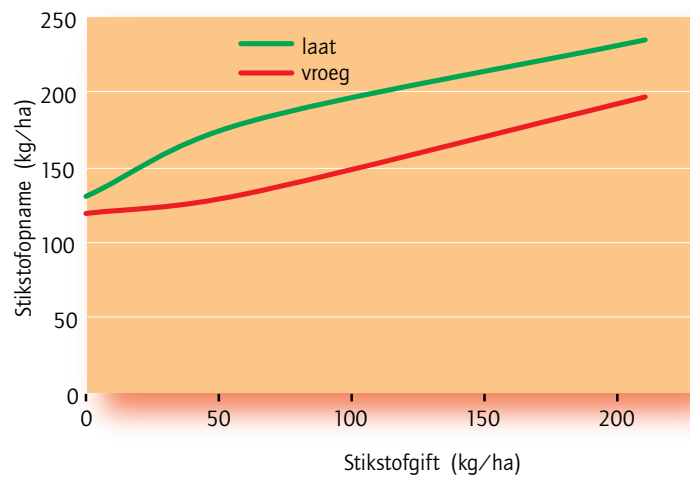
#### Relatie stikstofgift en stikstofopname

*De relatie tussen stikstofgift en stikstofopname kan worden beschreven met een kwadratisch model ( $Y = a + bx + c^2$ ). De coëfficiënten (de letters  $a$ ,  $b$  en  $c$  in de formule) kunnen van jaar tot jaar en van locatie tot locatie verschillen (Figuur 4.1; Vos, 1997). Dit komt omdat bodemfactoren als dichtheid, structuur en pH deels de bewortelingsdiepte van het gewas bepalen.*



Figuur 4.1. De stikstofopname in relatie tot de stikstofgift kan van jaar tot jaar verschillen (Bron: Vos, 1997)

Het functioneren van het wortelstelsel is ook afhankelijk van externe factoren als droogte, ziekten en plagen, etc. (Vos, 2009). De beworteling van het gewas en de lengte van het groeiseizoen voor het gewas worden echter ook deels genetisch bepaald. Dit veronderstelt dat de hoogte van de curve in de grafiek ook bepaald wordt door het genotype. Dit is te zien in Figuur 4.2. Late rassen vertonen hierin een hogere stikstofopname dan vroege rassen.



Figuur 4.2. Late rassen nemen meer stikstof op dan vroege rassen, (Droevendaal 2008).



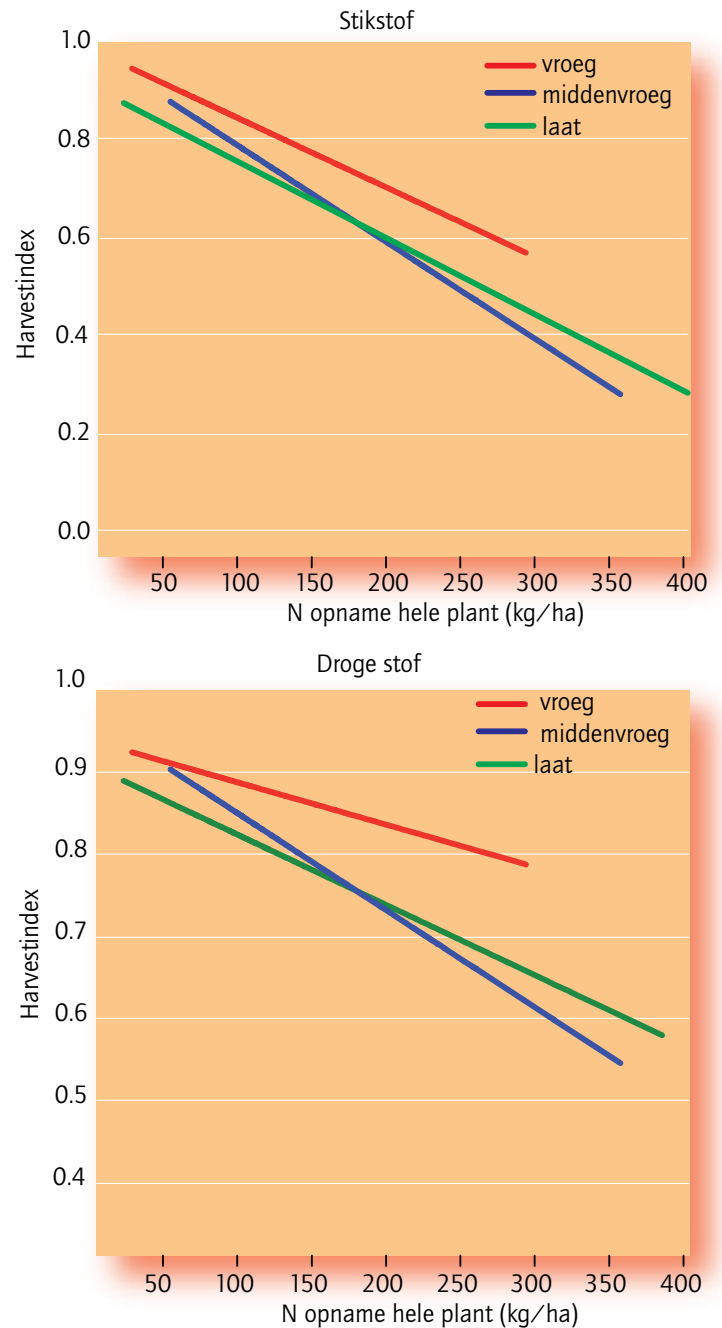
Tussenoogst van het loof



Het plantmateriaal wordt gedroogd in de droogstoof

## 4.2 Harvest Index

De Harvest index (HI) is zowel van toepassing op de verdeling van droge stof tussen de knollen en de rest van de plant als op de verdeling van stikstof. De HI(ds) is de hoeveelheid droge stof in de knol ten opzichte van de hoeveelheid droge stof in de hele plant. Een hogere HI(ds) draagt dus bij aan een hogere droge-stofopbrengst in de knol. De HI(ds) en de HI(N) nemen in de loop van het groeiseizoen toe. De hoeveelheid beschikbare stikstof en de vroegheid van een ras hebben ook invloed op beide harvest indices. Een hogere stikstofgift en dus ook een hogere stikstofopname, leidt zowel tot een lagere HI(N) als een lagere HI(ds) (Figuur 4.3). Vroege rassen hebben over het algemeen een hogere HI dan middenvroege en late rassen. Bij de middenvroege en late rassen lijkt er sprake te zijn van een genotype x stikstof interactie. Rond de 175–200 kg/ha stikstof kruisen de lineaire lijnen elkaar. Bij een stikstofopname boven dit punt hebben late rassen een hogere HI dan middenvroege rassen. Ligt de opname lager dan hebben de middenvroege rassen een hogere HI dan de late rassen (Figuur 4.3). Gedurende het groeiseizoen nemen deze verschillen echter af (Millard en Marshall, 1986). Uitgaande van de biologische aardappelteelt en een groeiseizoen van rond de 95 dagen, is het effect van stikstofgift op de HI(N) en HI(ds) nog duidelijk aanwezig (Figuur 4.3).

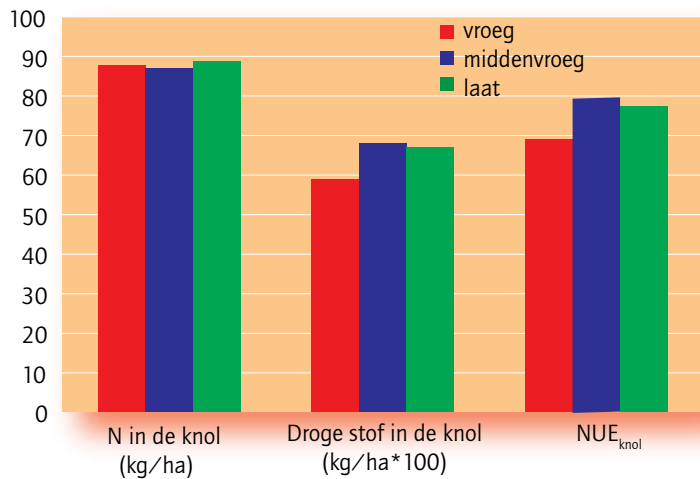


Figuur 4.3. Harvest Index voor droge stof en stikstof versus stikstofopname door de hele plant 90-95 dagen na planten.



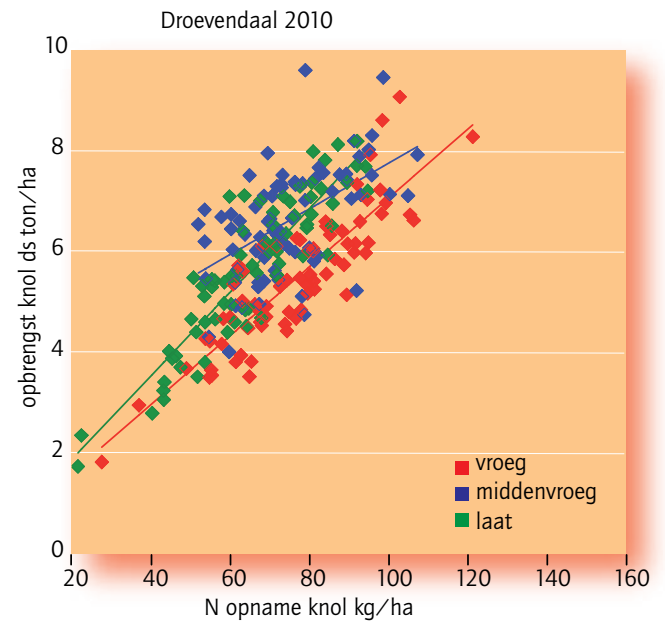
### 4.3 Stikstofefficiëntie

In de vorige paragrafen hebben we gezien dat late rassen meer stikstof opnemen dan vroege rassen, maar dat de vroege rassen een hogere HI(N) hebben bij een oogst 90–95 dagen na planten. Dit heeft tot gevolg dat de hoeveelheid stikstof in de knol voor vroege en late rassen op dat moment nagenoeg gelijk is. In Figuur 4.4 is echter te zien dat de drogestofopbrengst van de middenvroeg en late rassen wel hoger is dan van de vroege rassen. Dit betekent dat late en middenvroeg rassen per eenheid stikstof meer droge stof produceren in de knol dan vroege rassen; uitgaande van de engelse term nitrogen-use efficiency (NUE) kunnen we zeggen dat ze een hogere  $NUE_{knol}$  hebben (Figuur 4.4)

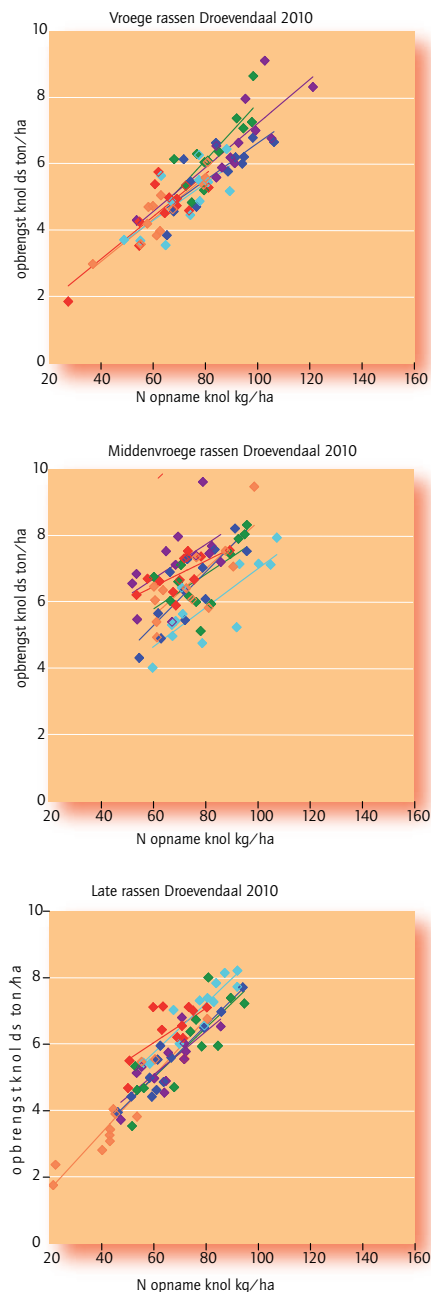


Figuur 4.4. De hoeveelheid stikstof in de knol (kg/ha), de drogestofopbrengst in de knol (kg/ha\*100) en de  $NUE_{knol}$  bij vroege, middenvroeg en late rassen (Bron: Tiemens-Hulscher et al., 2012b)

Uit onze proeven is gebleken dat bij een toediening van minder dan 100 kg/ha stikstof de relatie tussen stikstofopname en drogestofopbrengst in de knol met een lineair verband beschreven kan worden (Tiemens-Hulscher et al., 2012b), zoals te zien is in Figuur 4.5. Hoe hoger de lijnen in de grafiek liggen hoe hoger de  $NUE_{knol}$ . Uit deze grafiek blijkt dat de middenvroeg en late rassen een hogere  $NUE_{knol}$  hebben dan vroege rassen.



Figuur 4.5. De relatie tussen de hoeveelheid stikstof in de knol (kg/ha) en de drogestofopbrengst (ds) in de knol (ton/ha). (Droevendaal 2010).



Figuur 4.6. De relatie tussen stikstofopname in de knol en droge-stofopbrengst in de knol voor vroege, middenvroege en late rassen, (Droevendaal 2010). (Elke kleur is een ander ras)

## 4.4 Rasverschillen

Voor de kweker is het van belang of er binnen de vroegheidklasse nog rasverschillen bestaan voor stikstofefficiëntie. Zoals in Tabel 4.1 en Figuur 4.6 is te zien, werden in de serie rassen die in het onderzoek gebruikt werden vooral in de middenvroege klasse rasverschillen gevonden voor  $NUE_{knol}$ . Uit Figuur 4.6 blijkt ook dat er voor stikstofopname in de knol juist bij de vroege en late rassen verschillen tussen rassen werden gevonden.

Tabel 4.1. Stikstofopname in de knol,  $NUE_{knol}$ , en droge-stofopbrengst bij 18 rassen bij een stikstofgift van 60 kg/ha, (Droevendaal 2010).

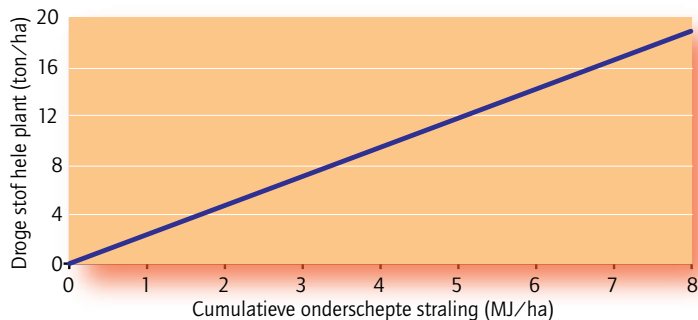
Vroegheid	Ras	N opname knol (kg/ha)	$NUE_{knol}$	Drogestof opbrengst knol (ton/ha)
Vroeg	Agata	61,2 b	75,2 bcd	4,6 ab
	Biogold	84,3 ef	77,0 bcde	6,5 efghi
	Bionica	86,5 f	66,7 a	5,8 def
	Campina	74,7 cde	65,3 a	4,9 bc
	Marabel	99,3 g	72,5 abc	7,2 ij
	Vitabella	69,1 bc	70,8 ab	4,9 bc
Middenvroeg	Fontane	73,0 cd	98,2 i	7,1 ij
	Musica	84,5 ef	82,3 def	7,0 ij
	Santé	78,4 cdef	83,6 efgh	6,6 ghi
	Toluca	83,8 ef	71,4 ab	5,9 defg
	Connect	76,2 cdef	98,5 i	7,5 j
	YP03-3	76,8 cdef	88,7 fgh	6,7 hij
Laat	Agria	71,8 cd	91,0 hi	6,5 fghi
	Mozart	77,3 cdef	79,4 cde	6,1 defgh
	Spirit	69,5 bc	80,2 de	5,6 cd
	Terragold	80,2 def	90,0 gh	7,2 ij
	Valor	68,9 bc	83,3 efg	5,7 def
	Voyager	47,2 a	80,1 de	3,8 a
KBV*		10,6	7,5	0,9

\* KBV = Kleinste Betrouwbare Verschil  $P < 0,05$

Verschillende letters in de kolom geven significante verschillen aan

## 5. Bodembedekking

Een snelle, hoge en langdurige bodembedekking is in de biologische landbouw niet alleen van groot belang voor een goede knolopbrengst, maar helpt ook om het onkruid te onderdrukken. Voor de knolproductie bepalen de mate en duur van de bodembedekking de hoeveelheid licht dat onderschept en geabsorbeerd kan worden door het gewas. Licht is nodig voor de fotosynthese, de motor van de droge-stofproductie. Er bestaat een lineaire relatie tussen de hoeveelheid onderschepte straling en zowel de totale droge-stofopbrengst als de droge-stofopbrengst in de knol (Allen en Scott, 1980) (Figuur 5.1)



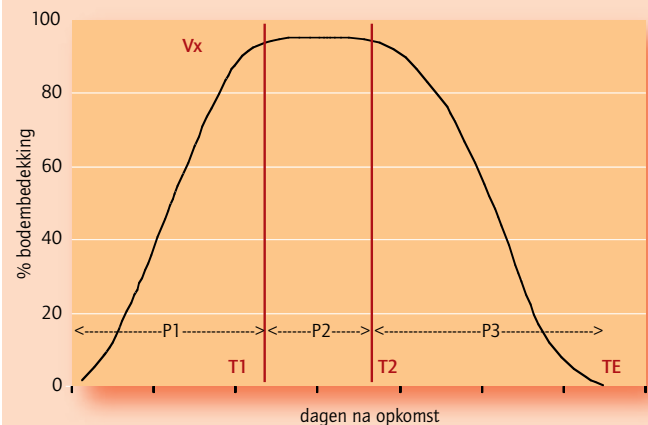
Figuur 5.1 De lineaire relatie tussen de cumulatieve onderschepte straling (MJ/ha) en de droge stof opbrengst van de totale biomassa (exclusief wortels) (ton/ha). 1 MJ = 10<sup>9</sup> J. (Bron: Spitters, 1987)

### 5.1 Bodembedekkingcurve (BBC)

In modellen voor knolproductie is een goede kwantitatieve weergave van de dynamiek van de bodembedekking een onmisbaar onderdeel (Hodges, 1991). Een methode om deze dynamiek te kwantificeren is beschreven door Khan (2012). Hij maakte daarbij gebruik van de bodembedekkingcurve (BBC) en een aantal parameters daarin. In het kader staat dit model uitgelegd. Hoe de bodembedekking in het veld

waargenomen kan worden en de BBC-parameters bepaald kunnen worden komt in Hoofdstuk 6 aan de orde.

#### Het model van de bodembedekkingcurve



*Schematische weergave van de bodembedekkingcurve (BBC) met de BBC-parameters T1, tijdstip waarop de maximale bodembedekking bereikt wordt, T2, tijdstip waarop de maximale bodembedekking weer afneemt door afsterven van het loof, TE, tijdstip waarop het loof compleet is afgestorven, en Vx de maximale bodembedekking.*

*Het model onderkent drie fasen:*

*P1= de opbouwfase is de periode van 50% opkomst tot maximale bodembedekking (Vx). Deze eindigt op T1, dus P1 = T1.*

*P2= de periode van maximale bodembedekking. Hierin blijft de bodembedekking constant en eindigt op T2, dus P2 = T2 – T1.*

*P3= de afstervingsfase begint op T2 en eindigt als het loof is afgestorven (TE). P3 = TE – T2.*

*Met behulp van de bovengenoemde parameters en volgende formules kan de oppervlakte onder de bodembedekkingcurve (OOBBC) uitgerekend worden. Zie hiervoor Hoofdstuk 6*



## 5.2 Milieu-effecten

De dynamiek van de bodembedekking en daarmee de vorm van de curve is afhankelijk van diverse milieufactoren, zoals temperatuur, water, licht en stikstofbeschikbaarheid. Op plantniveau bevordert stikstof het aantal vertakkingen, het aantal bladeren, de individuele bladgrootte en de tijd en snelheid van het afsterven van een blad (Vos en Biemond, 1992, Almekinders en Struik, 1996).

Op gewasniveau resulteert dit in een verhoogde totale licht-onderschepping (Martin, 1995) door:

- 1) Een versnelde volledige of maximale bodembedekking vroeg in het seizoen (Haverkort en Rutavisire, 1986; Vos, 2009)
- 2) Een verlengde periode van maximale bodembedekking (Santeliz en Ewing, 1981)
- 3) Een vertraagde veroudering (Santeliz en Ewing, 1981)



Agata 0 kg N/ha



Agata 60 kg N/ha



Agata 210 kg N/ha

Vroeg



Connect 0 kg N/ha



Connect 60 kg N/ha



Connect 210 kg N/ha

Middenvroeg



Valor 0 kg N/ha



Valor 60 kg N/ha



Valor 210 kg N/ha

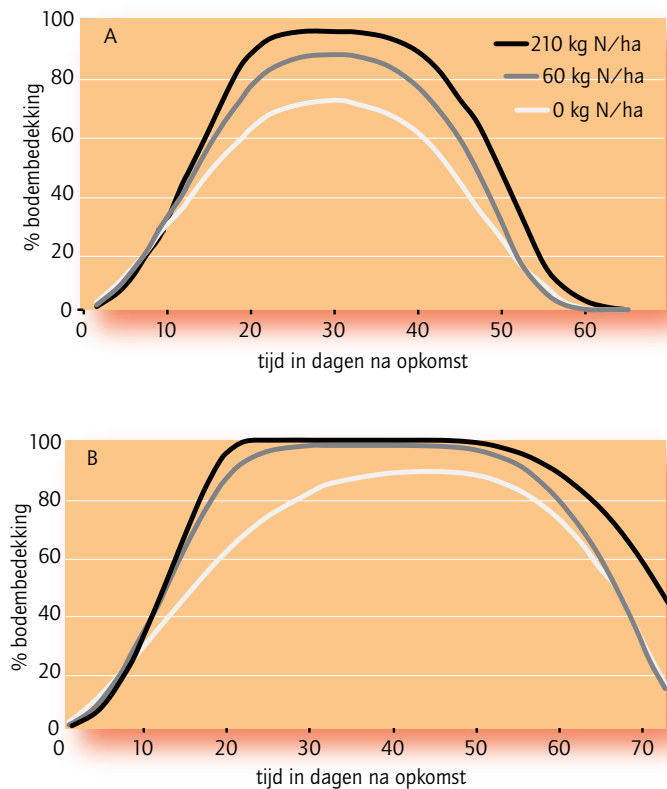
Laat

### 5.3 Genotype effecten

Naast het milieu heeft ook het genotype een effect op de dynamiek van de bodembedekking. Met name de rijptijd van een ras speelt hierin een rol. Late rassen vertakken meer dan vroege rassen, met name bovenin de plant; daardoor kan er ook meer blad gevormd worden (Allen en Scott, 1992; Vos en Biemond 1992; Almekinders en Stuik, 1996). Het vormen van vertakkingen stopt als de fase van snelle knolvulling is bereikt. Tot die tijd echter kan nieuw gevormd blad aan de vertakte stengels het afgestorven blad aan de hoofdstengel compenseren (Khan, 2012). Op gewasniveau leidt dit er toe dat late rassen over het algemeen een hogere maximale bodembedekking hebben dan vroege rassen en deze ook langer aanhoudt.

### 5.4 Genotype x milieu effecten (G x M)

Het is bekend dat de dynamiek van de bodembedekking ook een groot genotype x milieu interactie vertoont (Pashiardis, 1987; Allen en Scott, 1992; Schittenhelm et al., 2006). Dit is bijvoorbeeld te zien in de curves in Figuur 5.2. De vroege en de late rassen reageren verschillend op de stikstofgiften. Weliswaar bereiken beide groepen rassen bij een hogere stikstofgift een hogere maximale bodembedekking ( $V_x$ ) en een verlenging van de periode met maximale bodembedekking ( $T_2-T_1$ ), maar bij de vroege rassen is het stikstofeffect op de hoogte van de maximale bodembedekking duidelijker aanwezig (Figuur 5.2 A). Bij de late rassen is dit alleen het geval tussen het laagste en middelste stikstofniveau (Figuur 5.2 B). Bij de late rassen heeft stikstof een duidelijk effect op de snelheid van het sluiten van het gewas. Bij de vroege rassen is dit effect kleiner.



Figuur 5.2. Bodembedekkingcurve van vroege (A) en late rassen (B) (Grebbedijk, 2009)

In het volgende hoofdstuk wordt besproken in hoeverre de BBC-parameters in een selectiestrategie voor stikstofefficiënte biologische aardappelerassen toegepast kunnen worden.

<Bodembedekking 60 dagen na planten bij de rassen van boven naar beneden Agata (vroeg), Connect (middenvroeg) en Valor (laat), bij een stikstofgift van 0, 60 en 210 kg/ha (van links naar rechts).

## 6. Toepassing bodembedekkingparameters

Stikstofefficiëntie is een zodanige complexe eigenschap dat veredeling voor deze eigenschap moeilijk is. Tot nu toe was er ook geen selectiestrategie voorhanden om op deze eigenschap te veredelen. Door de dynamiek van de bodembedekking in het selectieproces mee te nemen bestaat echter de mogelijkheid om de kans op stikstofefficiënte aardappelrassen te vergroten.

### 6.1 Correlatie

De bodembedekkingscurve (BBC)-parameters Vx en OOBBC vertonen een goede correlatie met de droge-stofopbrengst in de knol (Tabel 6.1). Hoewel de correlatie van de BBC-parameters met droge-stofopbrengst in de knol van jaar tot jaar, en van locatie tot locatie varieert, vertonen de maximale bodembekking (Vx) en de oppervlakte onder de bodembedekkingcurve (OOBBC) de meest stabiele en hoogste correlatie.

Tabel 6.1 R<sup>2</sup> waarden van de lineaire regressie van de BBC-parameters en droge-stofopbrengst in de knol, met ras als groep voor de jaren 2008 t/m 2011 en de locaties Droevendaal, Grebbedijk en Kraggenburg (Bron: Tiemens-Hulscher et al., 2012)

Hoewel de correlatie van BBC-parameter T2-T1 (lengte van de periode met maximale bodembedekking) met de droge-stofopbrengst in de knol niet altijd even hoog was, bleek deze parameter vaker dan gemiddeld de rassen aan te wijzen die de hoogste droge-stofopbrengst hadden (Tabel 6.2). In Tabel 6.2 staat het gemiddelde percentage weergegeven van het aantal malen dat selectie op basis van de BBC-parameters daadwerkelijk de hoogst opbrengende rassen opleverde.

Tabel 6.2 Het gemiddelde percentage van het aantal keer dat selectie op basis van de BBC-parameters de hoogst opbrengende rassen opleverde (droge stof in de knol kg/ha), bij drie stikstofgiften 0, 60 en 210 kg/ha. Tussen haakjes het minimum en maximum van de jaar x locatie combinaties

BBC-parameter	0 N kg/ha	60 N kg/ha	210 N kg/ha
OOBBC (hoogste)	71 (33 – 100)	65 (50 – 100)	53 (0 – 100)
Vx (hoogste)	72 (50 – 100)	60 (33 – 100)	67 (33 – 100)
T2-T1 (langste)	69 (50 – 100)	62 (33 – 100)	42 (0 – 67)
T1 (kleinste)	24 (0 – 50)	24 (0 – 50)	36 (0 – 76)
T2 (grootste)	55 (33 – 100)	48 (17 – 100)	43 (0 – 83)
TE (grootste)	53 (33 – 100)	67 (33 – 100)	37 (0 – 50)
TE-T2 (langste)	33 (0 – 100)	37 (0 – 50)	17 (0 – 50)

Parameter	Droevendaal				Grebbedijk		Kraggenburg	
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
T1	0,31***	0,27***	0,40***	0,13***	0,47***	0,69***	0,13*	0,54***
T2	0,30***	0,21***	0,42***	0,11**	0,49***	0,59**	0,16*	0,56***
TE	0,33***	0,26***	0,38***	0,49***	0,40***	0,61**	0,11*	0,53***
Vx	0,32***	0,59***	0,42***	0,63***	0,46***	0,62**	0,57***	0,60***
OOBBC	0,36***	0,48***	0,46***	0,76***	0,50**	0,77***	0,62***	0,60***
T2-T1	0,30***	0,26***	0,39***	0,15***	0,49***	0,74***	0,14*	0,56***
TE-T2	0,32***	0,27***	0,41***	0,21***	0,48***	0,51*	0,13*	0,56***

Statistische significantie: \*\*\* = P<0,001, \*\* = P<0,01, \* = P<0,05



In Tabel 6.2 is te zien dat selectie op basis van rassen met een hoge OOBBC, een hoge Vx of een lange T2-T1, het vaakst leidde tot de selectie van rassen met de hoogste opbrengst (droge stof in de knol kg/ha). Deze drie BBC-parameters bieden daarom perspectief om als selectiecriteria gebruikt te worden. In Tabel 6.2 is ook te zien dat het percentage afneemt bij een hogere stikstofgift. Dit komt omdat een hogere stikstofgift de expressie van de rasverschillen onderdrukt. De rassen zijn dan minder goed van elkaar te onderscheiden. Een aanbeveling is dan ook om te selecteren bij een gematigde stikstofbeschikbaarheid, dat wil zeggen tussen de 100 en 150 kg beschikbare stikstof gedurende een seizoen van 90-95 dagen.

6.2 Stikstofefficiënte rassen

In Tabel 6.3 staan de rassen die werden geselecteerd op basis van de BBC-parameters OOBBC, Vx en T2-T1, bij een gift van 0 en 60 kg/ha stikstof. Ter vergelijking zijn ook de rassen met de hoogste drogestofopbrengst in de tabel opgenomen.

Rassen die over de jaren en locaties heen het vaakst de hoogste OOBBC hadden (Connect, Musica en Fontane), behoorden alle tot de meest stikstofefficiënte rassen. De parameters Vx en T2-T1 bleken aanvullende parameters te zijn. Met behulp van de parameter Vx

Tabel 6.3 Rassen die geselecteerd zijn op basis van een virtuele selectie bij een laag stikstofniveau (gift van 0 en 60 kg/ha) op basis van OOBBC, Vx , T2-T1 of droge-stofopbrengst.

OOBBC	Vx	T2-T1	Droge-stofopbrengst
Connect	Connect	Agria	Connect
Musica	Musica	Campina	Muscia
Fontane	YP03-3	Fontane	Fontane
	Spirit	Mozart	Terragold
	Sarpo Mira		Santé

werden andere rassen geselecteerd dan met T2-T1. De verzameling rassen die op basis van Vx en T2-T1 geselecteerd werden omvatte ook de rassen die door middel van OOBBC werden verkregen, plus nog een aantal extra. Deze extra rassen bleken echter, over de jaren en locaties heen, niet te corresponderen met de meest stikstofefficiënte rassen. Er spelen dus nog andere factoren een rol of een ras stikstofefficiënt is of niet. Daarom werden niet alle stikstofefficiënte rassen opgespoord met behulp van de indirecte selectie via de bovengenoemde parameters. Rassen als Terragold en Santé werden bijvoorbeeld gemist. De strategie van deze rassen is wellicht de snelle knolvulling en –groei. Terragold en Santé gaven snel een relatief grove sortering. Selectie op grote knollen kan dus nog een aanvulling zijn in de selectiestrategie. Dit verhoogt echter de kans op late rassen, wat voor de biologische landbouw niet het meest wenselijk is.



50% opkomst is bereikt



## 6.3 Waarnemingen

Voor het bepalen van de BBC-parameters is een gewas nodig. De BBC-parameters zijn niet vast te stellen aan individuele planten zoals zaailingen. Voor een accurate toepassing moeten de veldjes minimaal 2 ruggen breed zijn en 3 planten lang. De beste resultaten worden verkregen als er regelmatig wordt waargenomen. Van belang is dat de opkomst van de planten wordt genoteerd. Dit is van belang om T1, de periode tot het sluiten goed te kunnen schatten. Deze periode begint als 50% van de planten in een veldje is opgekomen. De bodembedekking kan waargenomen worden met een rek, zoals in het kader is beschreven.

In de periode tot T1 is het niet nodig om wekelijks waarnemingen te doen, maar rondom T1 en T2 is het verstandig om het percentage bodembedekking vaker waar te nemen, iedere 5 dagen bijvoorbeeld. Houd hierbij rekening met het verschil in vroegheid van de klonen. Het percentage bodembedekking wordt in een spreadsheet ingevuld, waarbij de veldjes onder elkaar zijn gerangschikt en de verschillende waarnemingsdata in kolommen naast elkaar. Op deze manier is het mogelijk om handmatig de parameters te bepalen.

### *Hoe bepaal je de bodembedekking in het veld?*

*De bodembedekking kan worden gemeten met een rek met honderd vakjes. Het rek moet even breed zijn als de rugbreedte (meestal 75 cm) en even lang als een x-aantal plantplaatsen. Dit kan dus variëren met de pootafstand. In dit voorbeeld is een rek van 75 x 90 cm gebruikt bij pootafstand in de rug 30 cm. Aan het rek zijn twee poten met behulp van vliegmoeren vastgemaakt waardoor het rek boven het gewas geplaatst kan worden en in hoogte versteld kan worden. Wij verkregen de beste resultaten door het rek vlak boven de planten te plaatsen. De vakjes die voor meer dan de helft gevuld zijn met groen blad worden geteld. Het aantal getelde vakjes geeft het percentage bodembedekking van dat moment weer. Door de bodembedekking wekelijks vanaf opkomst te meten of te schatten is het mogelijk om de parameters van de curve vast te stellen. Indien gewenst kunnen ook foto's worden gemaakt die later digitaal kunnen worden ingelezen.*



# Bepalen van de BBC-parameters

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1		Waarnemingen percentage bodembedekking																	
2	datum waarneming	16-jun	19-jun	22-jun	25-jun	29-jun	5-jul	8-jul	14-jul	19-jul	dagnummer	dagnummer in het jaar			Dagen na opkomst				
3	dagnummer in het jaar	167	170	173	176	180	188	189	195	200	50% opkomst	T1	T2	TE	T1	T2	TE	Vx	
4	veldnummer	1001	98	97	98	98	90	84	82	87	81	129	167	176	200	38	47	71	98
5		1002	84	93	97	100	100	100	100	100	100	128	176	200	200	50	74	74	100
6		1003	75	90	88	89	92	83	42	25	11	125	170	180	200	45	55	75	90
7		1004	81	96	87	86	85	86	87	89	68	129	170	195	200	41	66	71	87
8		1005	71	77	80	86	90	64	26	6	0	125	180	180	200	55	55	75	90
9		1006	71	85	87	90	95	77	64	77	50	131	180	180	200	49	49	69	95
10		1007	57	64	61	68	75	75	74	74	71	127	180	195	200	53	68	73	75
11		1008	71	64	62	69	69	65	37	19	6	125	176	180	200	51	55	75	69
12		1009	58	58	61	63	62	53	20	4	0	125	173	180	200	48	55	75	62
13		1010	75	72	79	80	77	80	87	88	54	129	189	195	200	60	66	71	88
14		1011	59	66	70	71	77	71	53	63	38	131	180	180	200	49	49	69	77

In een Excel-file kan per waarnemingsdag het percentage genoteerd worden (kolommen naast elkaar). Hierboven een voorbeeld.

Kolom A bevat het veldnummer. In de kolommen B t/m J de waarnemingen van het percentage bodembedekking (hier alleen vanaf het sluiten van het gewas weergegeven). In rij 2 de datum van de waarneming en rij 3 het dagnummer in het jaar dat bij deze datum hoort. Omdat de BBC-parameters worden berekend vanaf het moment dat 50% van de planten is opgekomen staat in kolom K per veldje het dagnummer waarop de 50% opkomst bereikt werd. De periode waarin de Vx min of meer constant bleef is geel gemarkeerd. Vx, T1, T2 en TE dan zijn te bepalen. Een tussenstap om deze parameters te bepalen is om het dagnummer in de kolommen L, M en N in te vullen. In de kolommen O, P en Q worden dan de uiteindelijke waarden berekend door het dagnummer van 50% opkomst er van af te trekken. TE is het moment waarop de bodembedekking weer gereduceerd is tot 0 of wanneer het gewas geforceerd wordt gedood. In dit voorbeeld was dat op dag 200 in het jaar.

Formule in kolom O rij 3: = L3-K3

Formule in kolom P rij 3: = M3-K3

Formule in kolom Q rij 3: = N3-K3

(De BBC-parameters kunnen ook met behulp van een computermodel (geschreven in SAS) berekend worden, maar dan zijn er wel minimaal 3 herhalingen nodig)

## Berekenen OOBBC

$$OP1 = Vx * 2 * T1 * (T1 - TM1) / (3 * T1 - 2 * TM1)$$

$$OP2 = Vx * (T2 - T1)$$

$$OP3 = Vx * ((TE - T2) / (2 * TE - 2 * T2 + T1)) * ((TE - T2 + T1) * ((TE - T2 + T1) / T1) ^ (T1 / (TE - T2)) - 2 * T1)$$

$$OOBBC = OP1 + OP2 + OP3$$

TM1 is het buigpunt in de opbouwfase en moeilijk in het veld waar te nemen. Een goede schatter hiervoor is (T1)/2. In excel komt dat op het volgende neer.

Formule in kolom B, rij 2: = C2/2

Formule in kolom G, rij2: = 2\*2\*C2\*(C2-B2)/(3\*C2-2\*B2)

Formule in kolom H rij2: = F2\*(D2-C2)

Formule in kolom I rij 2: = F2\*((E2-D2)/(2\*E2-2\*D2+C2))\*((E2-D2+C2)\*((E2-D2+C2)/C2)^(C2/(E2-D2))-2\*C2)

Formule in kolom J rij 2: =G2+H2+I2

Formule in kolom K rij 2: = D2-C2

Formule in kolom L rij 2: = E2-D2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	V <sub>TE</sub>	TM1	T1	T2	TE	Vx	OP1	OP2	OP3	OOBBC	T2-T1	TE-T2
2	81	19	38	47	71	98	1862	882	2148	4892	9	24
3	100	25	50	74	74	100	2500	2400	0	4900	24	0
4	11	22,5	45	55	75	90	2025	900	1243	4168	10	20
5	68	20,5	41	66	71	87	1784	2175	388	4346	25	5
6	0	27,5	55	55	75	90	2475	0	1250	3725	0	20
7	50	24,5	49	49	69	95	2328	0	1450	3778	0	20
8	71	26,5	53	68	73	75	1988	1125	365	3478	15	5
9	6	25,5	51	55	75	69	1760	276	956	2992	4	20
10	0	24	48	55	75	62	1488	434	858	2780	7	20
11	54	30	60	66	71	88	2640	528	355	3523	6	5

(lees verder op de volgende pagina)

*Indien het gewas gebrand moet worden voordat het loof volledig is afgerijpt is er sprake van een geforceerde TE. Dit heeft consequenties voor de berekening van OP3 (kolom I in dit voorbeeld). In Hoofdstuk 8 staan suggesties hoe hiermee om te gaan. Een alternatieve formule voor kolom I, indien het percentage bodembedekking op het moment van loofdoding hoger was dan 20% kan dan zijn:*

*Alternatieve formule kolom I rij 2: =*

*$A2(E2-D2)+((F2-A2)*(E2-D2))/2$ .*

*In kolom A staat het percentage bodembedekking op het moment van het geforceerd doden van het loof ( $V_{TE}$ )*

## 6.4 Oppervlakte onder de bodembedekking-curve (OOBBC)

De OOBBC is, bij selectie onder lage of gematigde stikstofbeschikbaarheid, de meest accurate parameter. Dat wil zeggen dat rassen met een hoge OOBBC, vaak ook de hoogst opbrengende en dus de meest stikstofefficiënte rassen zijn. Maar het is ook de meest bewerkelijke parameter. Naast de parameters T1, T2 en Vx is ook de parameter TE nodig om de OOBBC met de computer te kunnen uitrekenen.

De bodembedekkingparameters Vx, T2-T1 en OOBBC hebben alle een hoge overerfbaarheid (Khan, 2012).

## 6.5 Maximale bodembedekking Vx

De maximale bodembedekking is vrij makkelijk vast te stellen. In het spreadsheet springt deze eruit door een rij getallen die niet verandert gedurende een periode. De Vx is ook zonder de gehele waarnemingsreeks in het veld goed vast te stellen, indien het juiste moment herkend wordt. Met een rek worden de meest nauwkeurige waarnemingen verkregen, maar schatten van de bodembedekking is ook een mogelijkheid.

De variatie in Vx tussen genotypen is voldoende als de beschikbare hoeveelheid stikstof in het selectieveld niet te hoog is (maximaal 150 kg N/ha gedurende het groeiseizoen van ongeveer 95 dagen). Bij een hogere stikstofbeschikbaarheid bereiken vrijwel alle rassen een maximale bodembedekking van 100%, een volledig gesloten gewas. In die situatie valt niet meer te selecteren. Niet alle rassen die op basis van de hoogst Vx geselecteerd worden zullen ook de hoogst opbrengende rassen zijn. Maar een snelle en goede bodembedekking levert in de (biologische) teelt ook een positieve bijdrage aan de onkruidonderdrukking.

### *Schatten bodembedekking*

*Bij het schatten van de bodembedekking werd als volgt te werk gegaan. Eerst werd de vraag gesteld is de bodembedekking meer of minder dan 50%. Vervolgens meer of minder dan 75% (of de andere kant op) enzovoort. Zo werd elk veldje op dezelfde manier benaderd.*

## 6.6 Periode van maximale bodembedekking (T2-T1)

Voor de T2-T1 moeten zowel het moment van het bereiken van de maximale bodembedekking (T1) bepaald worden als het moment van begin van afsterven (T2). Deze waarnemingen kunnen in de praktijk gecombineerd worden met het beoordelen van een vroegheidcijfer voor het loof. De parameter T2-T1 heeft ten opzichte van Vx een toegevoegde waarde, omdat hiermee andere rassen worden geselecteerd. Voor een biologisch ras moet de T2 niet te lang uitgesteld worden, omdat het ras tijd nodig heeft om, in ieder geval deels, af te rijpen binnen 90–95 dagen na planten. Dit is van belang voor een voldoende hoog onderwatergewicht (minimaal 340). Ook voor deze parameter geldt dat het selectieveld niet te rijk mag zijn aan stikstof. Onder rijke omstandigheden wordt de T2 uitgesteld en kan het onder biologische omstandigheden voorkomen dat het loof voortijdig gebrand moet worden wegens infectie door *Phytophthora infestans*. Er is dan sprake van een geforceerde T2, en er zal dan weinig tot geen variatie zijn voor deze parameter. De variatie voor T2-T1 is dan teruggebracht tot de variatie voor T1.





15%



25%



35%



50%



60%



75%



85%



95%



100%

Reeks van percentage bodembedekking als hulpmiddel bij het schatten van het percentage.



## 7. Selectiestrategie

Naast de in het vorige hoofdstuk genoemde BBC-parameters is er nog een aantal eigenschappen die ook behulpzaam kunnen zijn in de selectie voor stikstofefficiënte aardappelrassen.

### 7.1 Knoltal en sortering

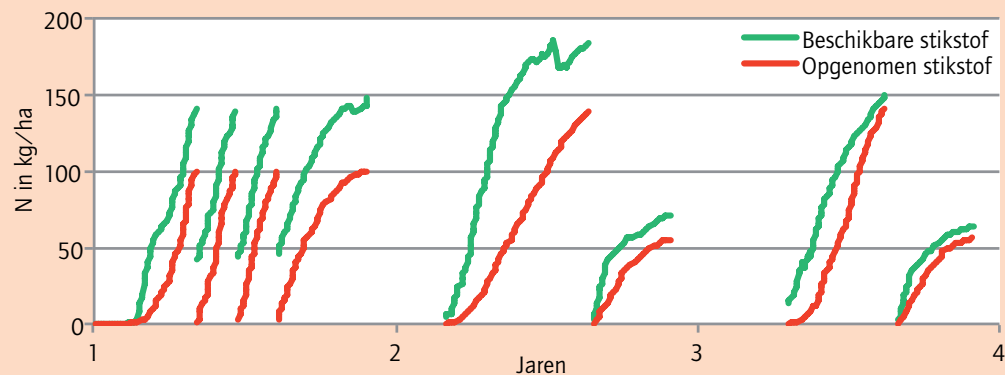
Een hoog knoltal is meestal positief gecorreleerd met een hoge opbrengst. Middenvroege rassen hebben vaak veel knollen per plant. In ons onderzoek bleek dat selectie op rassen met een grove sortering (dus de meeste knollen in de maat groter dan 55) leidde tot de selectie van late rassen. Voor de biologische landbouw is dit ongewenst.

### 7.2 Middenvroege rassen meest stikstof-efficiënt

Zowel de eigenschappen van het proces van stikstofopname tot drogestofopbrengst als de morfologische gewas- of plantkenmerken werden beïnvloed door de vroegheid van het ras. De middenvroege rassen bleken over het algemeen de meest stikstofefficiënte rassen te zijn. Door in een veredelingsprogramma te selecteren op middenvroege rassen (cijfer voor afrijping 6-7) wordt al een grote slag gemaakt op weg naar stikstofefficiënte rassen.

### Schatten stikstofbeschikbaarheid met NDICEA

Met behulp van het stikstofsimulatieprogramma NDICEA kan de stikstofbeschikbaarheid voor het komende seizoen ingeschat worden. De stikstof beschikbaarheid hangt, naast de bemesting in het jaar zelf, af van de bodemorganische stof en van de voorgaande teelten en bemestingen. Daarom wordt geadviseerd niet alleen van het komende seizoen maar ook van de twee voorgaande jaren de teelt- en bemestingsgegevens in te vullen. Na berekening zie je als resultaat de gewasopname en de berekende stikstof beschikbaarheid (zie voorbeeldgrafiek; grasklaver 2009, zomertarwe en groenbemester in 2010, aardappel en groenbemester in 2011). NDICEA is als freeware te downloaden vanaf [www.louisbolk.nl/ndicea](http://www.louisbolk.nl/ndicea).





### 7.3 Aanbevolen selectiestrategie

Een stikstofefficiënt aardappelras is mooi, maar kan niet los gezien worden van andere eigenschappen die voor een biologisch ras ook van belang zijn zoals onkruidonderdrukkend vermogen en resistentie tegen *Phytophthora infestans*. Daarom worden deze eigenschappen in de onderstaande aanbevolen selectiestrategie ook meegenomen. De selectiestrategie is toepasbaar vanaf het derde selectiejaar.

- Gebruik een selectieproefveld met een stikstofbeschikbaarheid van maximaal 100 tot 150 kg/ha gedurende een periode van half april tot ca. de derde week van juli (te schatten met het stikstofsimulatieprogramma NDICEA).
- Gebruik veldjes van minimaal 2 ruggen breed en 3 planten lang.
- Leg het tijdstip van 50% opkomst vast.
- Bepaal om de tien dagen het percentage bodembedekking, en intensiveer dit tot om de vijf dagen rondom het 'sluiten' van het gewas en rondom het begin van afsterven van het gewas om T1, T2 en Vx te kunnen bepalen.
- Selecteer op een vroege knolzetting (60 tot 70 dagen na planten)
- Selecteer in het veld op loofresistentie tegen *Phytophthora infestans*.
- Selecteer op middenvroege rassen (cijfer voor rijptijd 6–7) en daarbinnen op:
  - rassen met een hoge maximale bodembedekking (Vx)
  - rassen met een lange periode van maximale bodembedekking (T2-T1)
  - of op rassen met een hoge oppervlakte onder de bodembedekkingcurve (OOBBC)
- Evalueer de oogst op 90–95 dagen na poten en selecteer op:
  - rassen met een hoog knoltal hoge opbrengst en voldoende OWG (minimaal 340).
- Voer de selectie enkele jaren en op meerdere locaties uit.

## 8. De praktijk is weerbarstig

Iedere teler weet dat de omstandigheden van jaar tot jaar en van locatie tot locatie verschillen. Bij het toepassen van de BBC-parameters kunnen er aan aantal praktische problemen optreden. In de volgende paragrafen worden tips voor aanpassingen van de formules gegeven, waardoor de BBC-parameters ook in deze gevallen bruikbaar zijn.

### 8.1 *Phytophthora infestans*

In de biologische landbouw is er naast het gebruik van resistente rassen geen middel voorhanden om een infectie met *Phytophthora infestans* in de hand te houden. Het kan voorkomen dat het gewas, volgens de HPA regels, gebrand moet worden voor het einde van de periode van maximale bodembedekking bereikt is. In dit geval is er sprake van een geforceerde T2. Dit heeft tot gevolg dat de variatie tussen de genotypen voor de parameters T2 en T2-T1 sterk afneemt en er minder mogelijkheid is om te selecteren. Indien het loof pas gedood moet worden in de afrijpingsfase, tussen de T2 en de TE, dan is er sprake van een geforceerde TE. Dit maakt het berekenen van de oppervlakte onder de grafiek lastiger. In het kader is een suggestie opgenomen hoe hiermee om te kunnen gaan.



#### Tip bij een geforceerde TE

*Als het loof wordt gedood terwijl het nog niet geheel afgestorven was (geforceerde TE) dan is de oppervlakte onder de curve van de derde periode niet meer met de eerder genoemde formule (blz 16 of 17) te berekenen. In dit project hebben we dit als volgt opgelost:*

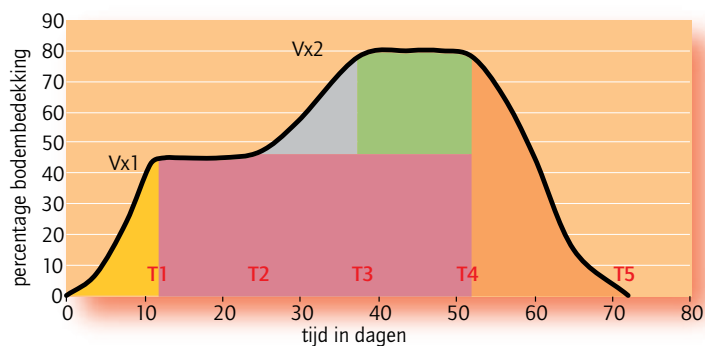
- 1. Het gewas bevond zich nog in de fase van de maximale bodembedekking P2:  $OP3=0$  ( $TE=T2$ ) In feite is hier sprake van een geforceerde T2.*
- 2. Het percentage bodembedekking was hoger dan 20%:  $OP3= V_{TEF}(TE-T2) + ((V \times V_{TEF}) * (TE-T2)) / 2$ , waarin  $V_{TEF}$  het percentage bodembedekking op TEF (TE geforceerd).*
- 3. Het percentage bodembedekking was lager dan 20%: oorspronkelijke formule gehandhaafd. Er wordt dan een kleine overschatting van de OOBBC gemaakt.*

### 8.2 Droogte

Een langere periode van droogte gedurende het groeiseizoen kan een storende invloed hebben op het verloop van de bodembedekking. De gewasgroei staat dan meestal stil en neemt de bodembedekking niet toe. Wordt de periode van droogte gevolgd door een periode met voldoende regen dan kan, afhankelijk van het ras en het moment in het seizoen, het gewas weer gaan groeien. De bodembedekkingcurve krijgt dan een afwijkende vorm. In de opgaande lijn zal een traptrede verschijnen, zoals is geïllustreerd in Figuur 8.1. In een dergelijke curve is er geen eenduidige T1 of Vx, en is de OOBBC alleen met extra veel handwerk uit te rekenen, door de oppervlakte in stukken te knippen en per stukje te berekenen (zie kader: Tip bij een afwijkende opgaande lijn). Om zeker te zijn van betrouwbare bodembedekkingparameters is het aan te bevelen om het selectieveld, indien nodig, te beregenen om een

continue gewasgroei te waarborgen.

Aan de andere kant kan nuttige informatie verzameld worden over de reactie van nieuwe klonen en rassen op een periode van droogte gevolgd door voldoende regenval. Denk hierbij aan wel of geen hergroei van het loof of gevoeligheid voor doorwas.



Figuur 8.1 Bodembedekkingcurve bij een periode van droogte.

### Tip bij een afwijkende opgaande lijn

In figuur 8.1 is met kleuren aangegeven hoe de OOBBC het makkelijkst uitgerekend kan worden.

Geel:  $Vx1 * 2 * T1 * (T1 - TM1) / (3 * T1 - 2 * TM1)$ , waarbij  $TM1 = (T1) / 2$

Grijs:  $= (Vx2 - Vx1) * 2 * (T3 - T2) * ((T3 - T2) - TM2) / (3 * (T3 - T2) - 2 * TM2)$ , waarbij  $TM2 = (T3 - T2) / 2$

Rood:  $= (T4 - T1) * Vx1$

Groen:  $= (T4 - T3) * (Vx2 - Vx1)$

Oranje:  $= Vx2 * ((T5 - T4) / (2 * T5 - 2 * T4 + T3)) * ((T5 - T4 + T3) * ((T5 - T4 + T3) / T3)^{(T3 / (T5 - T4)) - 2 * T3})$

## 8.3 Coloradokever

De laatste jaren is de coloradokever meer in opkomst. De larven van deze kever kunnen in korte tijd hele planten kaal vreten. Het meten van de bodembedekking heeft dan geen zin meer. Het is daarom van belang om bij de eerste waarneming van de kever of de larven actie te



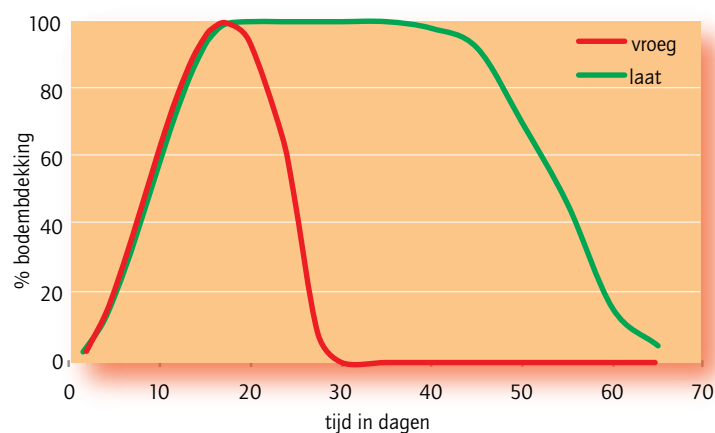




ondernemen. Ofwel op de ouderwetse manier door het verzamelen van de kevers, larven en eieren (op de onderkant van het blad), ofwel door het toepassen van een biologisch toegestaan middel. In onze proeven hielp het spuiten met Bt-preparaten niet. Daarom hebben we gebruikt gemaakt van het middel Nemastar Potato. Dit is een biologisch middel op basis van het aaltje *Steinernema carpocapse* en pakt de larven van de kever aan. In oktober 2012 kwam dit middel echter niet meer voor op de website [www.e-nema.de](http://www.e-nema.de).

## 8.4 Alternaria

*Alternaria solani* is een ziekte die vroeg in het groeiseizoen kan optreden, met name bij warmte, droogte en lage stikstofbeschikbaarheid. Het is een ziekte die opgang kan maken als de hoeveelheid toegepaste stikstof in de aardappelteelt zal dalen. Met name (de huidige) vroege rassen zijn gevoelig voor alternaria. Het gewas rijpt bij een zware aantasting versneld af. De dynamiek van de bodembedekking wordt hierdoor beïnvloed wat terug te zien is in de bodembedekkingcurve die relatief smal zal zijn. De periode T2-T1 kan zelfs tot nul gereduceerd worden (T2 is gelijk aan T1). De oppervlakte van fase 2 OP2 is dan ook 0.



Figuur 8.2 Door alternaria aantasting is bij het vroege ras T2 gelijk aan T1. Hierdoor is de curve erg smal. Het late ras had geen last van de aantasting.

# Literatuur

- Allen, E.J., Scott, R.K., 1980. **An analysis of growth of the potato crop.** Journal of Agricultural Science, 94: 583-606.
- Allen, E.J., Scott, R.K., 1992. **Principles of agronomy and their application in the potato industry.** In: Harris, P. (Ed), The potato crop: The scientific basis for improvement. Chapman & Hall, London, UK, pp 816-881.
- Almekinders, C.J.M., Struik, P.C., 1996. **Shoot development and flowering in potato (*Solanum tuberosum* L.).** Potato Res., 39: 581-607.
- Bélanger, G., Walsh, J.R., Richards, J.E., Milburn, P.H., Ziadi, N., 2002. **Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristics of two potato cultivars.** American Journal of Potato Research, 79:269-279.
- Finckh, M.R., Schulte-Gelderman E., Bruns, C., 2006. **Challenges to organic potato farming: disease and nutrient management.** Potato Res., 49: 27-42.
- Haverkort, A.J. Rutavisire, C., 1986. **Fertilizer utilization under tropical conditions. 2. Effect of applying nitrogen, phosphorus and potassium on the relationship between intercepted radiation and yield of potatoes in central Africa.** Potato Res., 29: 357-365.
- Hodges, T., 1991. **Crop growth simulation and the role of phenological models.** In: Hodges, T. (Ed), Predicting crop phenology. CRC Press, Boston, pp. 3-5.
- Khan, M.S., 2012. **Assessing genetic variation in growth and development of potato.** PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Kleinkopf, G.E., Brandt, T.L., Olsen, N., 2003. **Physiology of tuber bulking.** Presented at the Idaho Potato conference on January 23, 2003.
- Martin, R.J., 1995. **The effect of nitrogen fertilizer on the recovery of nitrogen by a potato crop.** In: Proceedings of the Annual Conference Agronomy Society of New Zealand, 25: 97-104.
- Millard, P., Marshall, B., 1986. **Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application.** Journal Agr. Sci., 107: 421-429.
- Pashiardis, S.M., 1987. **Improvements of potato yield.** Potato Agrometeorology. Acta Hort., 214: 27-45.
- Santeliz, G., Ewing, E.E., 1981. **Effects of nitrogen fertilization on growth and development of potatoes.** Am. Potato J., 58: 517-518.
- Schittenhelm, S., Sourell, H., Löpmeier, F.J., 2006. **Drought resistance of potato cultivars with contrasting canopy architecture.** Eur. J. Agron., 24: 193-202.
- Spitters, C.J.T., 1987. **An analysis of variation in yield among potato cultivars in terms of light absorption, light utilization and dry matter partitioning.** Acta Hort., 214: 71-85.
- Struik, P.C., Wiersema, S.G., 1999. **Seed potato technology.** Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 383 pp.
- Tiemens-Hulscher, M., Lammerts van Bueren, E.T., Hutten, C.B., 2012a. **Potato: Perspectives to breed for an organic crop ideotype.** In: Lammerts van Bueren E.T., Myers J.R. (eds), Organic Crop Breeding, Wiley-Blackwell, pp. 227-237.
- Tiemens-Hulscher, M., Lammerts van Bueren, E.T., Struik, P.C., 2012b. **Selectiestrategie voor de ontwikkeling van stikstofefficiënte biologische aardappelrassen.** Onderzoek-rapport 2012-025 LbP, Louis Bolk Instituut, Driebergen, Nederland, 130 pp.
- Thornton, M., Pavek, M., Bohl, W.H., 2007. **Importance of tuber set and bulking rate.** Presented at the Idaho Potato conference on January 17, 2007.
- Vos, J. Biemond, J., 1992. **Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant: Leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching.** Ann. Bot., 70: 27-35.
- Vos, J., 1997. **The nitrogen response of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the field: nitrogen uptake and yield, harvest index and nitrogen concentration.** Potato Res., 40: 237-248.
- Vos, J., 2009. **Nitrogen responses and nitrogen management in potato.** Potato Res., 52: 305-317.
- Zabihi-e-Mahmoodabad, R., Jamaati-e-Somarin, S., Khayatnezhad, M., Gholamin, R., 2010. **Quantitative and qualitative yield of potato tuber by use of nitrogen fertilizer and plant density.** American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 9 (3): 310-318.



## Selectiestrategie voor de ontwikkeling van stikstofefficiënte biologische aardappelrassen

Op zoek naar praktische handvatten om te selecteren op stikstofefficiënte aardappelrassen? Deze brochure reikt nuttige suggesties aan. Het effect van stikstof en genotype op de dynamiek van de bodembedekking en de gevolgen voor de knolvorming zijn hierin leidend. Aan de hand van foto's, figuren en heldere tekst krijgt de lezer inzicht in de complexiteit van stikstofefficiëntie. Met de aanbevelingen voor een selectiestrategie kan de aardappelkweker direct zijn voordeel doen. Het uiteindelijke doel: nieuwe rassen die méér met minder kunnen!